

**U.P.R. Systèmes canniers
Pôle REAGIR**



**Analyse des écarts entre des consommations en eau d'irrigation
mesurées et optimisées par modélisation**

**Application à la canne à sucre dans les périmètres du sud de La
Réunion, entre 2000 et 2005**

L. Bouvet, J-L. Chopart, L. Le Mézo

Mai 2007

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la société SAPHIR (Société d'Aménagement des Périmètres Hydro-agricoles de l'Ile de la Réunion) de St Pierre pour l'aide apportée à cette étude à travers le financement partiel du stage de L. Bouvet. Ils remercient également tous les agriculteurs qui ont bien voulu prendre un peu de leur temps pour transmettre des informations précieuses au stagiaire, dans le cadre de cette étude.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	- 3 -
1 METHODES D'ETUDE.....	- 4 -
1.1 CONSTITUTION DU JEU DE DONNEES	- 4 -
1.1.1 Zonage en fonction du pédoclimat identification de micro zones homogènes	- 4 -
1.1.2 Estimation des Besoins Théoriques en Eau d'Irrigation (BTEI) par l'outil de simulation FIVE-CoRe.....	- 5 -
1.1.3 Estimation des consommations réelles en eau d'irrigation	- 5 -
1.2 ANALYSE DES ECARTS : JEU DE DONNEES POUR L'ANALYSE DES ECARTS ENTRE CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES.....	- 5 -
1.3 CHOIX DES AGRICULTEURS DANS LES ZONES SELECTIONNEES	- 7 -
1.4 GUIDE D'ENTRETIEN.....	- 7 -
1.5 METHODE D'ANALYSE DE L'ENQUETE.....	- 8 -
2 RESULTATS	- 9 -
2.1 CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULATION DES CONSOMMATIONS OPTIMISEES	- 9 -
2.1.1 Présentation des consommations réelles.....	- 9 -
2.1.2 Présentation des besoins théoriques en eau d'irrigation	- 11 -
2.1.3 Analyse des écarts : identification de zones d'intérêt	- 13 -
2.1.4 1 ^{ère} interprétation des écarts & formulation d'hypothèses => nécessité du terrain.....	- 17 -
2.2 RESULTATS DE L'ENQUETE.....	- 19 -
2.2.1 Microzones sur-consommatrices.....	- 19 -
2.2.2 Microzones sous-consommatrices	20
2.2.3 Evolutions temporelles marquées des écarts entre consommations réelles en eau d'irrigation et BTEI.....	20
DISCUSSION - CONCLUSION.....	21

Introduction

A la Réunion, la poursuite de la politique d'aménagement de nouveaux périmètres irrigués, concomitante avec une demande d'eau à usage domestique et industriel croissante fait craindre des conflits d'usage sur l'eau dans un futur proche. Pour des raisons économiques et aussi écologiques, il est donc nécessaire d'utiliser l'eau d'irrigation avec parcimonie.

Aussi, avant de lancer des actions de sensibilisation à l'économie, et autres, il est nécessaire de connaître la population cible, représentée dans ce contexte, par l'ensemble des surconsommateurs.

Les travaux du Cirad sur l'eau agricole et l'irrigation entrent dans cette problématique avec notamment l'estimation, par modélisation, des consommations optimisées en eau d'irrigation à partir des paramètres biophysiques, avec comme sorties des volumes d'eau d'irrigation.

Pour diagnostiquer d'éventuelles surconsommations, il faut connaître les consommations optimales (Besoins Théoriques en Eau d'irrigation : BTEI) en tenant compte des besoins des cultures, du sol, mais aussi des principales contraintes pouvant empêcher l'agriculteur d'apporter la dose la plus appropriée au meilleur moment. Pour estimer ces BTEI, le CIRAD a élaboré un modèle travaillant au pas de temps de un jour, tenant compte des principaux déterminants des besoins en irrigation et de quelques contraintes techniques liées à cette irrigation simple (Chopart et al. 2007). Ce modèle, nommé FIVE-CoRe (Farm Irrigation Volume Estimation according to Constraints and Requirements) a été utilisé dans un premier temps pour la période 1998-2000 dans le sud de la Réunion, sur une surface cultivée en canne à sucre d'environ 3000 ha découpée en 27 microzones homogènes (Chopart et al ; 2006). Les résultats de cette étude précédente montrent l'aptitude du modèle à estimer les BTEI de la plupart des microzones. Il existe toutefois des situations où les consommations réelles s'écartent nettement des BTEI. La présente étude portant sur les mêmes entités se focalise sur la période 2000-2005.

L'analyse des écarts entre les BTEI estimés par le modèle et les consommations réelles en eau d'irrigation chez les agriculteurs, sur une plus longue période, et combinée à une étude sur le terrain, devrait permettre d'affiner les paramètres d'entrée du modèle, et de mieux connaître les pratiques d'irrigations actuelles des planteurs de canne à sucre.

1 Méthodes d'étude

1.1 Constitution du jeu de données

Dans un souci de continuité avec l'étude précédente (Chopart et al.2006), et d'optimisation des moyens, nous nous sommes servi du jeu de données utilisé dans cette dernière pour l'élaboration du notre. Ce jeu de données consiste en un ensemble d'exploitations agricoles, localisées d'un point de vue géographique, pour lesquelles figurent des données de surface (dont le rapport surface en canne / SAU), de consommation, et de matériel notamment.

1.1.1 Zonage en fonction du pédoclimat identification de micro zones homogènes

Les périmètres irrigués du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos sont situés dans une zone où, comme presque partout à la Réunion, les variabilités spatiales du climat et du sol sont grandes. Il n'est donc pas possible de traiter ces périmètres comme deux entités uniques. On a donc, comme, dans une étude précédente (Chopart et al. 2006), découpé ces périmètres en entités spatiales que l'on peut considérer comme plus ou moins homogène du point de vue du climat et du sol. Ceci a conduit à identifier 27 entités (figure1). Les caractéristiques de réserve en eau utile, d'altitude, et des postes météorologiques utilisés pour définir le climat sont données en tableau.



Figure 1 : Localisation des 27 microzones identifiées dans les deux périmètres

1.1.2 Estimation des Besoins Théoriques en Eau d'Irrigation (BTEI) par l'outil de simulation FIVE-CoRe

FIVE-CoRe permet une estimation, en particulier grâce à un modèle de bilan hydrique (Chopart et Vauclin, 1990), des volumes d'eau d'irrigation consommés par la canne à sucre, au niveau d'une exploitation agricole ou d'une entité spatiale homogène du point de vue pédoclimatique, en fonction :

- des besoins (climat, stade de la culture) ;
- de la capacité du sol à stocker l'eau ;
- des contraintes (débit fourni, part du débit réservé, coupures prévisibles) ;
- du type de matériel d'irrigation détenu par l'agriculteur.

L'outil est décrit plus en détail par ailleurs (Chopart et al. 2006, Chopart et al. 2007). On pourra se référer à ces documents pour plus d'informations.

L'outil nous fournit, avec des contraintes et un pédoclimat donnés, les volumes d'eau consommés à l'hectare, par une exploitation dont l'irrigation est gérée de façon optimale. Nous simulerons une exploitation par microzone (zone pédoclimatique homogène) et par type de conduite d'irrigation (fréquence d'irrigation).

Après discussion et enquête sur les pratiques des agriculteurs, deux modifications ont été apportées dans les variables d'entrée de FIVE-CoRe par rapport à l'étude précédente:

- le seuil de déclenchement et le taux de remplissage sont fixés à 70 % pour le goutte-à-goutte (GaG) au lieu de 90 % afin de mieux prendre en compte la durée de reprise de l'irrigation après une pluie,
- le tour d'eau passe de 6 à 8 jours pour l'aspersion.

1.1.3 Estimation des consommations réelles en eau d'irrigation

La SAPHIR, gérant des 2 périmètres du sud de la Réunion, nous a fourni les consommations semestrielles par compteur pour les années 2000 à 2005.

Ce que nous appelons consommations réelles, sont en fait les relevés semestriels des volumes d'eau facturés par la SAPHIR. Les semestres de facturation correspondent aux semestres calendaires : du 01/01 au 30/06 et du 01/07 au 31/12. Le cycle cultural de la canne, débutant entre août et décembre, et ayant une durée de 12 mois, l'analyse comparative entre consommations réelles et les BTEI sera faite à l'échelle d'une période de 12 mois, appelée campagne, couvrant la période du 1er juillet d'une année au 30 juin de la suivante. Par convention, nous désignerons la campagne de l'année N comme la période constituée du 2^{ème} semestre de l'année N-1 et du 1^{er} semestre de l'année N.

1.2 Analyse des écarts : Jeu de données pour l'analyse des écarts entre consommations réelles et simulées

Parmi les exploitations constituant le jeu de données, nous avons décidé de sélectionner celles pour lesquelles la surface cultivée en canne représente au moins 75% de la SAU en 2000. Ces exploitations sont alors considérées comme étant exclusivement cannières, et la surface souscrite correspondra à la surface irriguée en canne.

Par ailleurs, une donnée manquante concernant une exploitation donnée, n'aboutit pas à son exclusion de l'échantillon. Seules les données de la campagne concernée sont supprimées, et ne comptent donc pas dans les différents calculs effectués. L'échantillon est donc de taille variable d'une année sur l'autre.

Nous obtenons ainsi un échantillon de 585 exploitations. Mis à part les données de consommation en eau d'irrigation ainsi que les surfaces souscrites, nous n'avons pas obtenu d'information complémentaire sur l'évolution des caractéristiques des exploitations depuis 2000. Nous formulons donc les hypothèses suivantes :

- Une exploitation consiste en un ensemble d'îlots dont la consommation de chacun est donnée par un compteur
- Tous les îlots ont gardé le même propriétaire depuis 2000
- Les propriétaires n'ont pas changé de matériel d'irrigation depuis 2000
- Les propriétaires n'ont pas changé l'assolement de leur exploitation depuis 2000

Ainsi, pour chaque exploitation et pour chaque campagne, figurent les consommations réelles en eau d'irrigation par unité de surface souscrite, le matériel, et les BTEI correspondant calculés par FIVE-CoRe.

Afin d'éliminer un certain nombre de données de consommations pouvant être considérées comme aberrantes, il a été estimé nécessaire d'éliminer de l'échantillon les données trop extrêmes qui résultent de pratiques marginales. Nous avons donc calculé un indice d'écart entre irrigations réelles et optimisée (IEI) défini par le rapport de la somme des pluies (P) et des irrigations réelles (Ir) par la somme des pluies et des irrigations calculées (BTEI) :

$$IEI = (P+Ir)/(P+BTEI)$$

P : cumul par campagne des précipitations en m³/ha

Ir : cumul par campagne des consommations réelles en irrigation en m³/ha.

Les exploitations dont l'indice IEI est inférieur à 0,3 ou supérieur à 1,5 sont considérées comme non représentatives ou avec des valeurs de Ir erronées. Ce type de seuillage n'élimine que les exploitations manifestement hors normes

Par exemple, considérons une microzone où le cumul annuel des précipitations est de 900 mm, c'est-à-dire 9000 m³/ha, et dont le BTEI est de 7000 m³/ha. Nous retiendrons, d'après l'inégalité $0,3=IEI=1,5$, toutes les exploitations dont les volumes annuels des consommations en eau d'irrigation seront comprises entre -4200 et +15000 m³/ha ; soit une irrigation qui peut être nulle (stratégie particulière d'irrigation si les précipitations couvrent suffisamment les besoins des cultures), et jusqu'à plus de deux fois la dose préconisée.

Autre exemple : considérons une microzone où le cumul par campagne des précipitations est de 400 mm, c'est-à-dire 4000 m³/ha, et dont le BTEI est de 11000 m³/ha. Nous retiendrons, d'après l'inégalité $0,3=IEI=1,5$, toutes les exploitations dont les consommations réelles en eau d'irrigation seront comprises entre 600 et 18500 m³/ha. Les exploitations dont la consommation en eau d'irrigation est nulle seront exclues de l'échantillon, la culture de canne à sucre en condition pluviale dans cette zone étant révélateur de l'abandon de cette production.

Toutes les données annuelles d'une exploitation dont l'inégalité n'est pas respectée, sont supprimées et non prises en compte dans les divers calculs.

Puis est calculé l'écart relatif des consommations réelles (Ir) par rapport aux besoins (BTEI), ERC :

$$ERC = (Ir-BTEI)/BTEI$$

Des moyennes sont calculées par microzone et par campagne. Elles vont permettre la sélection des microzones dont les moyennes s'écartent sans explication rationnelle, de la moyenne générale.

Nous obtenons finalement, pour chaque campagne et pour chaque exploitation de l'échantillon, les données suivantes :

- La zone à laquelle appartient l'exploitation ;
- Les consommations réelles par hectare, et par semestre ou par campagne ;
- Les BTEI ;
- Le cumul des précipitations ;
- Les IEI et les ERC.

Ces critères nous permettront de sélectionner les zones dont les moyennes s'écartent sans explication évidente.

1.3 Choix des agriculteurs dans les zones sélectionnées

Au sein de chacune des zones à écart entre Ir et BTEI important ou à évolution temporelle importante de ces écarts, nous avons sélectionné des exploitations dont le ERC était représentatif de la tendance sur ou sous-consommatrice de la zone (ont été choisies préférentiellement les exploitations pour lesquelles l'absence de données était faible, et dont l'évolution temporelle des consommations reflète celle de la zone).

La suite de l'étude consiste à enquêter auprès des exploitants dont les exploitations ont été retenues, dans le but de déceler les causes de leur sur/sous-consommation en eau d'irrigation.

Pour cela, au sein des entités retenues, nous avons identifié un certain nombre d'exploitations dont la dynamique était proche de celle majoritaire de la zone. Il est clair que le nombre d'agriculteurs à suivre par zone va dépendre du nombre d'entités retenues sachant que la durée de l'étude nous limite à une vingtaine d'agriculteurs.

Compte tenu des impondérables inévitables dans ce type d'enquêtes, il faudra prévoir un nombre d'agriculteurs par zone plus important.

1.4 Guide d'entretien

Compte tenu des hypothèses formulées dans les résultats de l'analyse des écarts (paragraphe 2.1.3), nous avons élaboré un guide d'entretien visant à déceler les causes des sur ou sous-consommations (annexe 1), dont on en trouvera dans le tableau 2, un extrait avec les points les plus importants.

Identification

- Nom
- Localisation de l'exploitation
- Débit dispo à la borne

Contexte par bloc

- Surface (si achat récent, nom de l'ancien propriétaire)
- Type de sol, profondeur, RU
- Assolement : différents types de culture, dates de coupes, variétés) :
- Matériel d'irrigation, automatismes
- Nombre de secteurs d'irrigation, de vannes par secteur, de positions par vanne

Planification

- Critère de déclenchement de l'irrigation
- Critère d'arrêt de l'irrigation
- Ordre de priorité pour l'irrigation (maraîchage, jeunes plants, ...)

Période du programme d'irrigation (début de cycle, temps normal, été, hiver, coupure)

- Objectif recherché/indicateurs mobilisés (ex : remplissage RU / aspect des plantes, du sol)
- Nombre de positions par jour, durée des positions
- Dose d'eau apportée par position (utilisation du débit maximal ?)
- Durée du tour d'eau
- Durée du programme

Divers

- Durée de sevrage
- Conseil (par qui, combien de temps, quelle fréquence, effet formateur)

1.5 Méthode d'analyse de l'enquête

L'ensemble des réponses aux entretiens a été résumé dans un tableau synthétique (annexe n°3). Puis les entretiens ont été analysés individuellement pour chaque exploitant, et synthétisés par microzone. Enfin, à la vue de ces résultats, les hypothèses émises précédemment ont été validées ou non, reformulées, ou encore, de nouvelles hypothèses ont été proposées.

Compte tenu du faible nombre d'agriculteurs enquêtés, on se limitera à une analyse de type monographie.

2 Résultats

2.1 Consommations réelles et simulation des consommations optimisées

Il convient d'abord de rappeler, ou de préciser, les incertitudes et les sources d'erreurs liées à l'obtention de chacune de ces deux séries de données. L'analyse des résultats devra tenir compte de ces imprécisions.

La modélisation nécessite des variables d'entrée, notamment la RU du sol et la pluviosité, qui sont déjà difficiles à appréhender à l'échelle locale. Il est donc encore plus difficile d'en donner une valeur moyenne sur une microzone géographique de plusieurs centaines d'hectares. Les calculs de besoins en eau de la canne ont été effectués en simulant dans chaque unité, une coupe de la canne à 3 dates fixes différentes (01/08, 01/10, 01/12), alors que, dans la réalité, la coupe se déroule en continu de juillet à décembre. D'autres paramètres du modèle peuvent engendrer une erreur d'estimation. Nous pouvons citer la durée de sevrage qui est la même pour toutes les microzones, alors que généralement, cette dernière dépend de la RU, et du climat ; ainsi que les seuils et taux de remplissage de la RU sensé traduire en langage mathématique les paramètres de décision d'irrigation chez l'exploitant. Par ailleurs, nous n'avons pas pris en compte les éventuelles coupures d'eau, ces dernières étant peu fréquentes.

Les consommations réelles sont celles relevées au niveau des compteurs Saphir. Il peut y avoir des écarts (fuites) entre le volume d'eau relevé au compteur de la borne Saphir et celui qui arrive réellement au niveau de la vanne à l'entrée de l'unité d'irrigation, puis du champ. Dans le jeu de données, seules les exploitations principalement cannières, c'est-à-dire avec plus de 75% des surfaces en canne, ont été retenues. L'éventuelle fraction de culture non cannière (principalement le maraîchage) non prise en compte dans le modèle des besoins peut introduire une imprécision. Enfin, l'hypothèse retenue est que la totalité de la surface souscrite par l'exploitant est irriguée ; cela semble être le plus souvent le cas, mais dans certaines situations contraires, on aboutit alors à une sous-estimation des consommations par hectare.

Une certaine prudence s'imposera donc dans les analyses et les conclusions. Ceci nous a conduit à retenir un intervalle d'imprécision des résultats sur les écarts consommations/besoins de $\pm 20\%$ au sein duquel nous pourrions considérer la fluctuation comme aléatoire ou due à des facteurs que l'on ne sera, à priori, pas en mesure d'expliquer avec le jeu de données et les méthodes disponibles.

2.1.1 Présentation des consommations réelles

Les consommations réelles en eau sont très variables, et ce sur deux points de vue : spatial et temporel (Fig. n° 2).

D'un point de vue spatial, l'amplitude moyenne de consommation entre deux microzones est de $7182 \pm 755 \text{ m}^3/\text{ha}$, tandis que d'un point de vue temporel, l'amplitude moyenne de consommation entre deux campagnes est de $2686 \pm 1153 \text{ m}^3/\text{ha}$. Nous conviendrons donc que le facteur spatial est bien plus déterminant que le facteur temporel dans les variations de consommation d'eau.

Il faut tout de même remarquer de fortes amplitudes de consommations réelles en eau d'irrigation au niveau temporel, notamment pour les zones B5, B1b-5, B6, A2b-8-9, et A2b-7-14. Nous remarquerons également des consommations plus élevées en 2001 et 2002 par rapport aux autres campagnes.

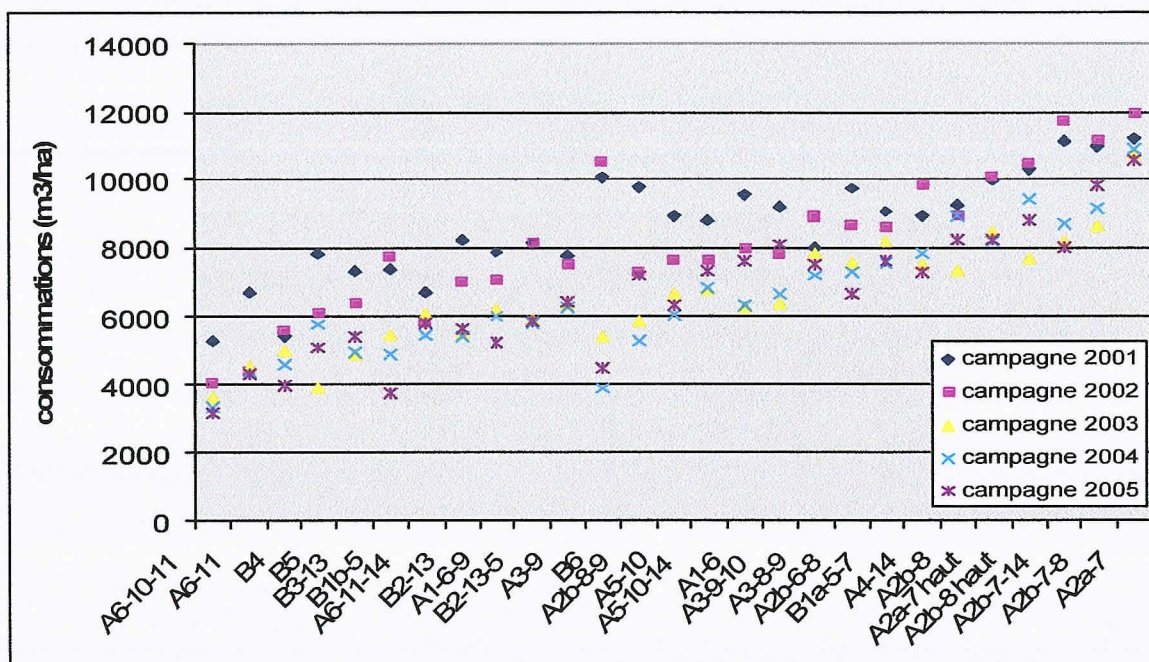


Figure 2 : Cumuls des consommations réelles en eau d'irrigation, à l'hectare ; moyennes par campagne et par microzone.

Afin d'examiner de plus près ces particularités, il apparaît judicieux d'étudier les relations entre pluviosité et consommation en eau d'irrigation (Fig. n° 3).

La pluviométrie pour la campagne 2001 est particulièrement faible (relativement à la pluviométrie des autres campagnes), ce qui pourrait expliquer de plus fortes consommations en eau d'irrigation durant cette période, ce qui n'est pas le cas de 2002.

Par ailleurs, quelque soit la hauteur de précipitation, nous retrouverons des volumes d'irrigation variant de 4000 à 11000 m³/ha (Fig. 3). Ainsi, il semble, comme dans étude précédente, qu'il n'y ait aucune liaison directe et opérationnelle entre la pluviosité annuelle et les volumes d'irrigation.

Nous notons cependant une très légère tendance à la diminution des consommations avec l'augmentation des pluies. Il semble en effet évident que, pour une microzone donnée, les consommations réelles sont dépendantes des hauteurs de précipitation. Et pourtant, la pluviosité annuelle ne peut être considérée comme la seule variable explicative des consommations en eau d'irrigation, et ce, essentiellement à cause du fait que la hauteur des précipitations ne reflète leur l'efficience.

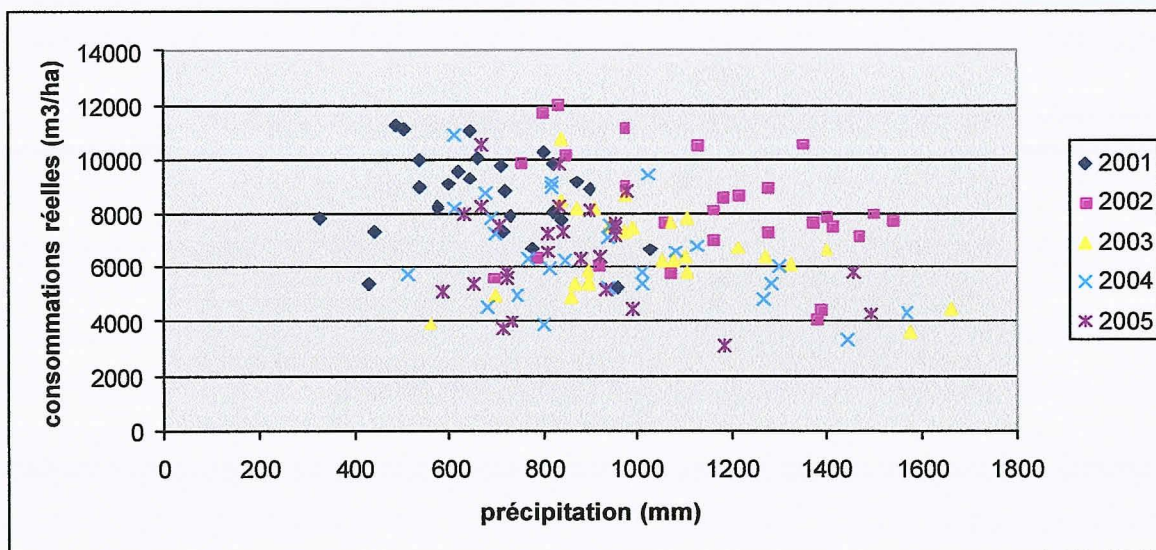
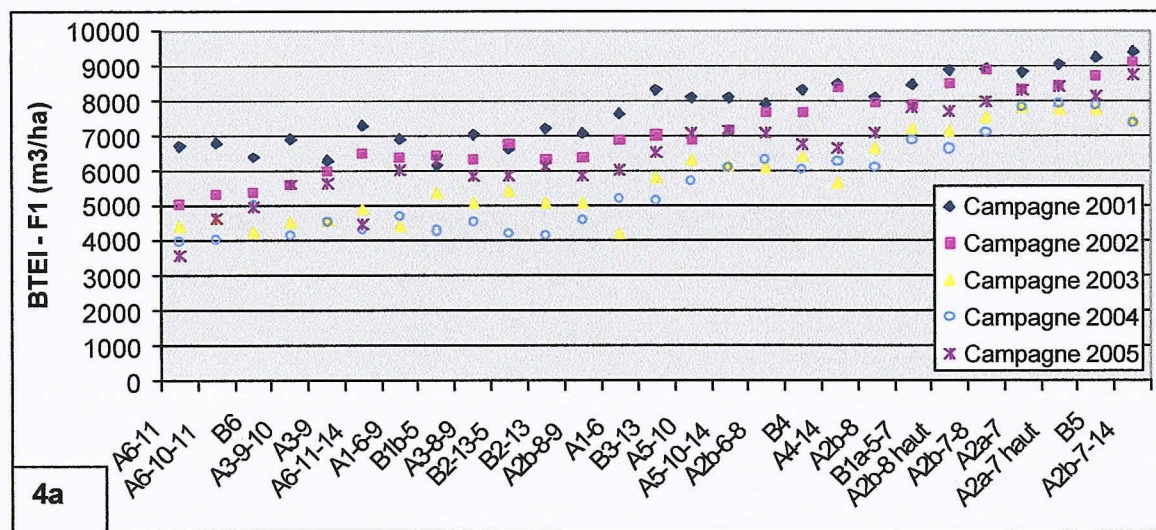


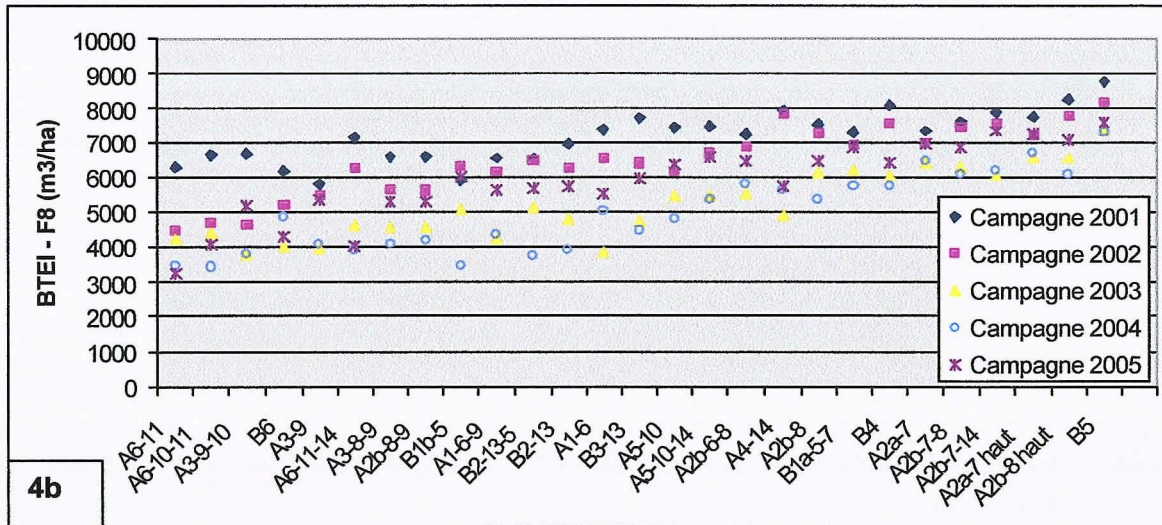
Figure 3 : Consommations réelles en eau d'irrigation en fonction des précipitation.
Un point sur le graphique représente une microzone donnée pour une campagne donnée.

2.1.2 Présentation des besoins théoriques en eau d'irrigation

Afin d'expliquer cette variabilité de consommation, nous avons utilisé le logiciel FIVE-CoRe, qui, à partir d'un bilan hydrique, simule les consommations optimisées (BTEI). Nous obtenons alors des cumuls par campagne de consommations optimisées (Fig. 4).

BTEI par campagne, microzone et fréquence de décision d'irrigation





Figures 4a et 4b : Cumuls des Besoins Théoriques en Eau d'Irrigation, à l'hectare pour les fréquences de décision d'irrigation 1 jour (4a) et 8 jours (4b) ; moyennes par campagne et par microzone.

Les fréquences de décision d'irrigation un jour (F1) et huit jours (F8) permettent de prendre en compte la variabilité des tours d'eau (nombre de jours nécessaire à l'irrigation de l'ensemble d'un îlot) souvent à mettre en relation avec le type de matériel d'irrigation détenu par l'exploitant. Ainsi, F1 sera utilisé pour simuler l'irrigation d'une parcelle équipée en goutte-à-goutte, tandis que F8 le sera pour une parcelle équipée en aspersion.

Il existe une plus grande amplitude interzone qu'inter campagne des BTEI :

- Pour F1 : pour une même année, l'amplitude moyenne des BTEI entre les zones est de $3981 \pm 715 \text{ m}^3/\text{ha}$, alors que pour une même zone, l'amplitude des BTEI entre les campagnes est de $2298 \pm 600 \text{ m}^3/\text{ha}$.
- Pour F8 : pour une même année, l'amplitude moyenne des BTEI entre les zones est de $3667 \pm 505 \text{ m}^3/\text{ha}$, alors que pour une même zone, l'amplitude des BTEI entre les campagnes est de $2362 \pm 691 \text{ m}^3/\text{ha}$.

La variabilité spatiale est plus déterminante que la variabilité temporelle sur la variabilité des BTEI, ce qui équivaut à dire que les facteurs qui ont une influence sur les BTEI (type de sol, pente, altitude et climat) varient de façon plus forte entre microzone qu'entre campagnes. En effet, mis à part les facteurs constant d'une année sur l'autre (type de sol, pente, altitude), le climat a une plus forte variabilité spatiale (l'amplitude moyenne des pluviométries pour une campagne donnée entre les microzones est de $919 \pm 164 \text{ mm}$) que temporelle (l'amplitude moyenne des pluviométries pour une microzone donnée entre les campagne est de $524 \pm 156 \text{ mm}$).

Nous pouvons toutefois noter que la relation entre BTEI et pluviosité (Fig. 5) est légèrement meilleure que celle entre consommations réelles en eau d'irrigation et pluviosité. Ce qui veut dire que le modèle prend mieux en compte la pluviosité que l'agriculteur, mais aussi que d'autres facteurs contribuent à l'évaluation des BTEI.

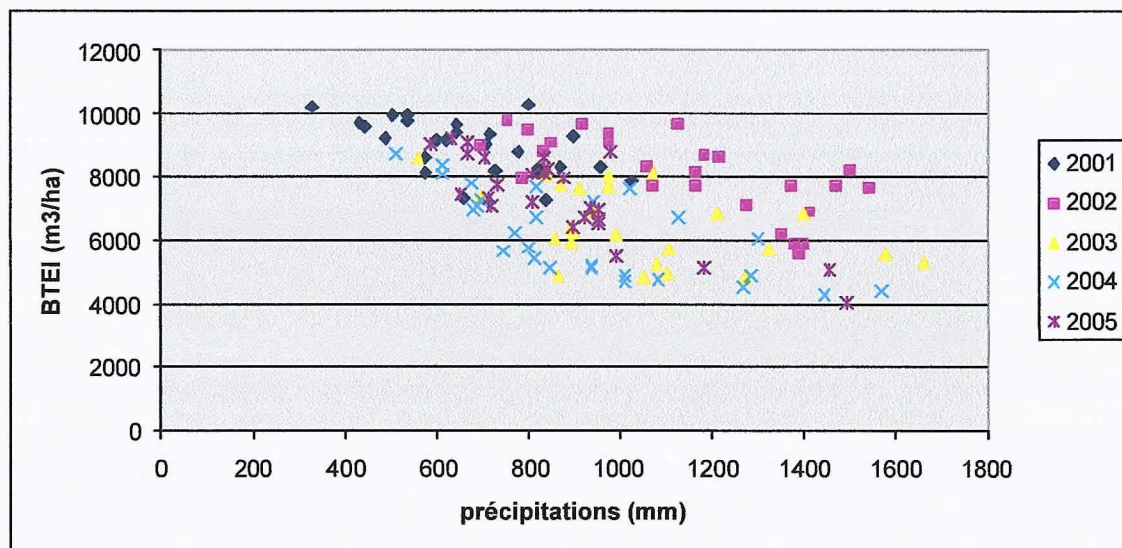


Figure 5 : Besoins Théoriques en Eau d'Irrigation en fonction des précipitation.
Un point sur le graphique représente une microzone donnée pour une campagne donnée.

2.1.3 Analyse des écarts : identification de zones d'intérêt

Comme déjà indiqué et justifié, un écart des consommations réelles en eau d'irrigation (I_r) jusqu'à $\pm 20\%$ par rapport aux BTEI ne sera pas considéré comme une sur ou sous-consommation.

La première façon de constater des écarts entre les consommations réelles en eau d'irrigation aux BTEI correspondants est de les mettre en comparaison (Fig. 6) et en relation :

$$I_r = f(\text{BTEI})$$

Dans ce même graphique, nous avons représenté la zone au sein de laquelle les écarts entre I_r et BTEI sont compris entre -20% et $+20\%$, délimité par les droites $I_r = \text{BTEI} \times (1 \pm 0,2)$. En considérant la remarque du paragraphe précédent, tous les points situés entre ces deux droites correspondent à des consommations réelles en eau d'irrigation proches des BTEI. Tous ceux situés à gauche de cet espace (respectivement à droite) correspondent à des sur (respectivement sous) consommations.

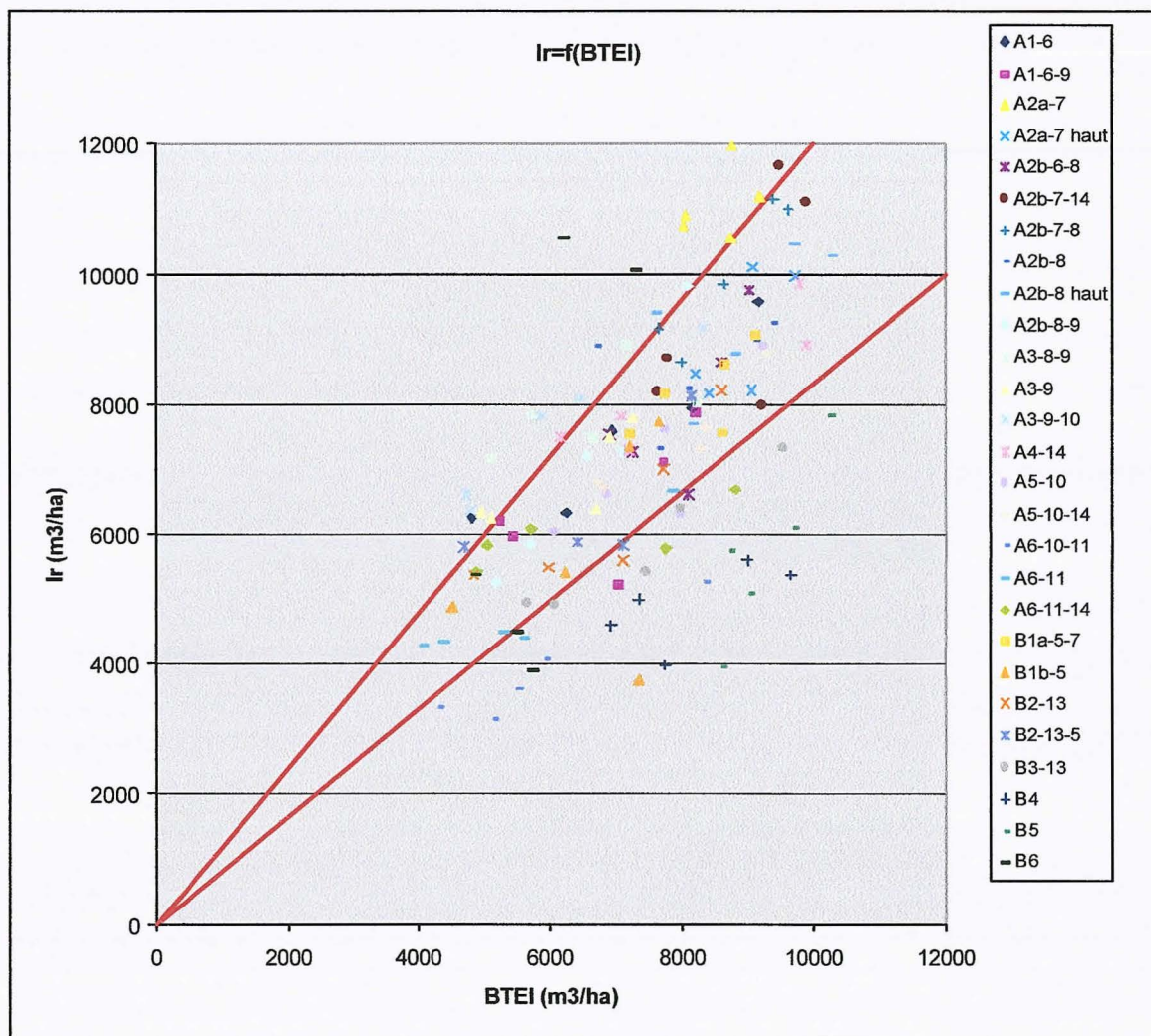


Figure 6 : Consommations réelles en eau d'irrigation en fonction des Besoins Théoriques
 Un point sur le graphique représente le rapport $I_r/BTEI$ d'une microzone donnée pour une campagne donnée. La zone d'incertitude du modèle est délimitée extérieurement par les deux droites figurant sur le graphique.

Il nous a paru judicieux d'éliminer du graphique les microzones sans intérêt majeur pour l'analyse des écarts entre I_r et BTEI, c'est-à-dire ne garder que les microzones ayant au moins un point situé clairement en dehors de la zone décrite ci-dessus. Ceci nous permet de choisir les microzones d'intérêt pour l'analyse des écarts au niveau spatial, soit : A1-6-9, A2a-7, A3-8-9, A3-9-10, A6-10-11, A6-11-14, B1b-5, B3-13, B4, B5, et B6 (Fig. 7).

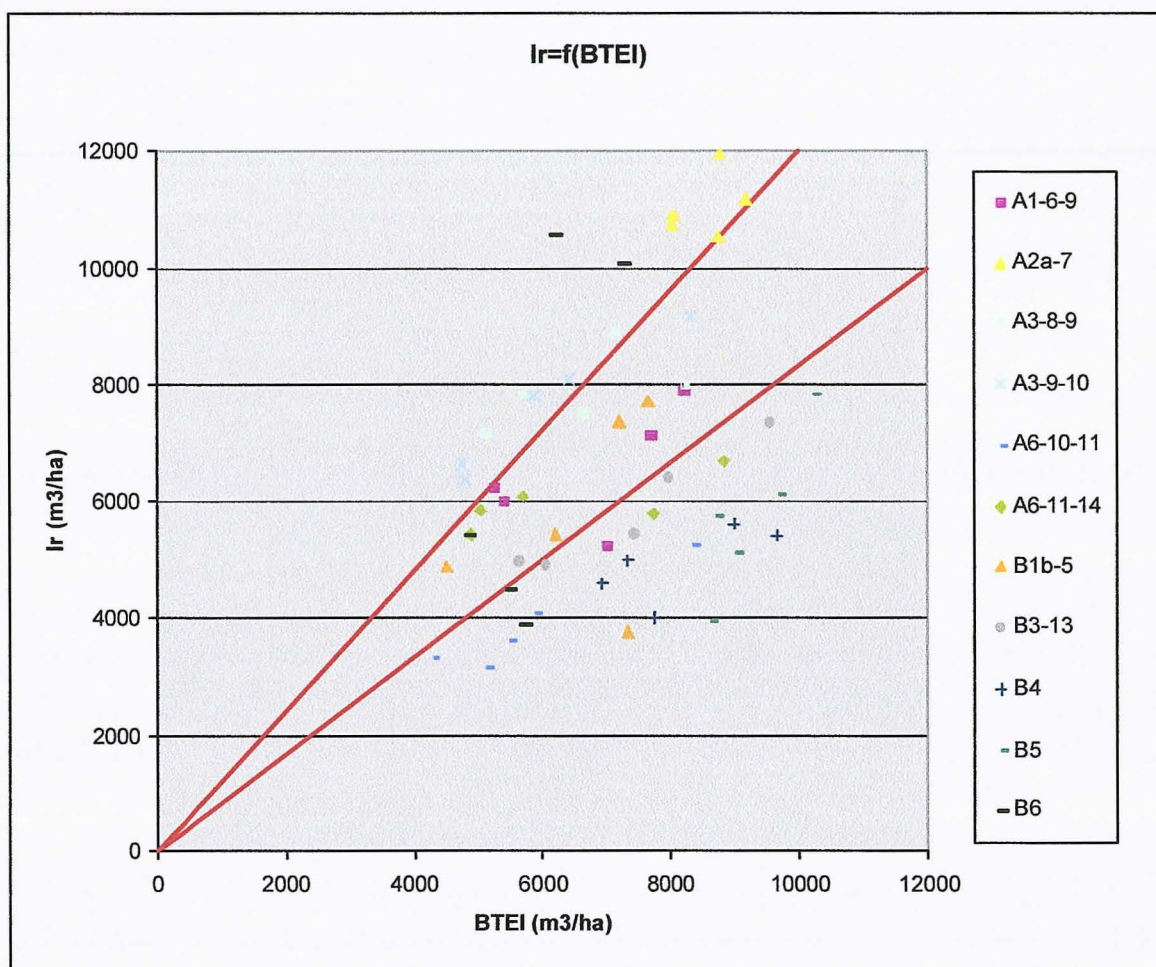


Figure 7 : Consommations réelles en eau d'irrigation en fonction des Besoins Théoriques pour les microzones d'intérêt.

Un point sur le graphique représente le rapport $Ir/BTEI$ d'une microzone donnée pour une campagne donnée. La zone d'incertitude du modèle ($BTEI \pm 20\%$) est délimitée extérieurement par les deux droites figurant sur le graphique.

Devant le nombre important de microzones présentant un intérêt potentiel pour l'analyse des écarts, et compte tenu du temps imparti pour l'étude, il nous a paru nécessaire d'effectuer une deuxième sélection, basée cette fois-ci sur l'écart relatif des consommations réelles en eau d'irrigation (Ir) par rapport aux BTEI : $(Ir-BTEI)/BTEI$ (tableau n°1).

La première étape fut de sélectionner les microzones exclusivement sur/sous consommatrices (jaune foncé). Nous avons d'abord, pour chaque campagne ainsi que sur la moyenne des campagnes, surligné les écarts n'appartenant pas à l'intervalle [écart moyen de la campagne \pm écart type de la campagne]. Nous avons ensuite sélectionné les zones pour lesquelles au moins 4 des 5 campagnes répondaient à ce critère (tableau 1) : A2a-7, A3-8-9, A3-9-10, A6-10-11, B4, et B5.

La deuxième étape fut de sélectionner les microzones ayant une évolution temporelle remarquable des écarts (rouge). Nous avons pour cela sélectionné celles pour lesquelles l'amplitude des écarts était supérieure à 40% (écart maximal - écart minimal, pour une microzone donnée). Puis, parmi ces dernières, deux ont attiré notre attention : A6-11-14 qui est passé de légèrement sous-consommatrice à légèrement sur-consommatrice ; et B6 qui est passée de sur-consommatrice à sous-consommatrice.

Identifiant Zone Pédoclimatique	2001	2002	2003	2004	2005	moyenne	Amplitude maximale
A1-6-9	-4%	-8%	18%	10%	-26%	-2%	44%
A2a-7	22%	37%	34%	35%	21%	30%	16%
A3-8-9	-3%	25%	37%	40%	13%	22%	43%
A3-9-10	10%	33%	33%	40%	26%	28%	29%
A6-10-11	-37%	-31%	-34%	-22%	-39%	-33%	16%
A6-11-14	-24%	-25%	6%	11%	16%	-3%	41%
B1b-5	2%	1%	-13%	9%	-49%	-10%	57%
B3-13	-23%	-20%	-19%	-12%	-27%	-20%	15%
B4	-44%	-38%	-32%	-34%	-49%	-39%	17%
B5	-24%	-37%	-54%	-34%	-44%	-38%	31%
B6	38%	70%	11%	-32%	-18%	14%	103%
Moyenne périmètres	-2%	1%	2%	6%	-10%	0%	
Ecart type périmètres	18%	24%	22%	21%	21%	17%	

Tableau 1 : Ecarts relatif entre consommations réelles et BTEI. Moyennes par campagne et par microzone.

In fine, nous avons retenu pour l'étude des sur et sous-consommations les 8 entités figurant en coloré dans le tableau 1 et dans la figure 8.

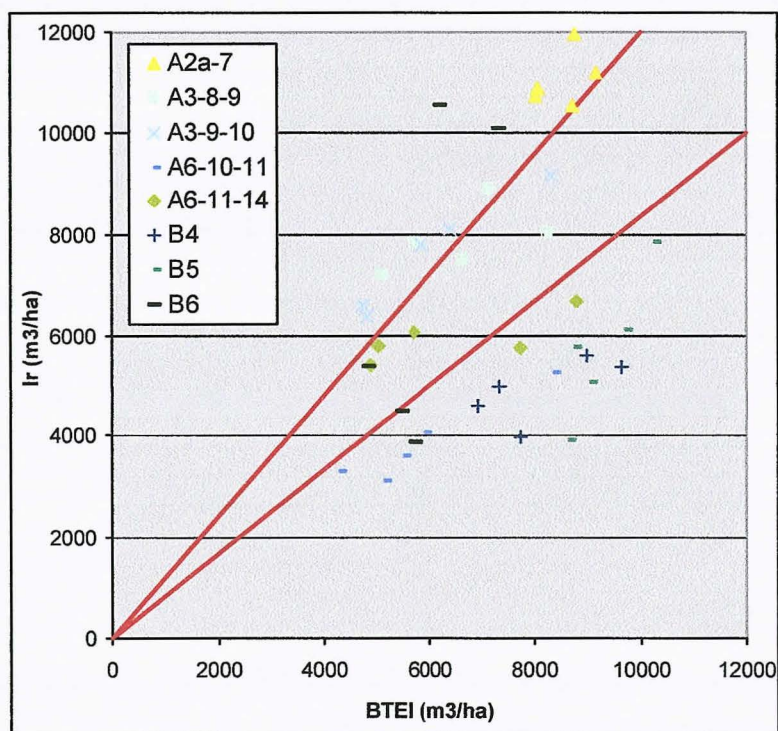


Figure 8 : Consommations réelles en eau d'irrigation en fonction des Besoins Théoriques pour les microzones sélectionnées.

Le reste des entités s'insère assez bien dans l'enveloppe de $\pm 20\%$ par rapport aux BTEI (Fig.9). On obtient un ajustement linéaire entre l'irrigation modélisée (BTEI) et l'irrigation des agriculteurs (Ir) qui est proche de la droite 1 :1.

$$Ir = 0.95 \times BTEI + 387 \text{ avec } R^2 = 0.67$$

Ceci montre la bonne concordance entre les Irrigations réelles apportées par une majorité d'agriculteurs et les irrigations simulées par le modèle.

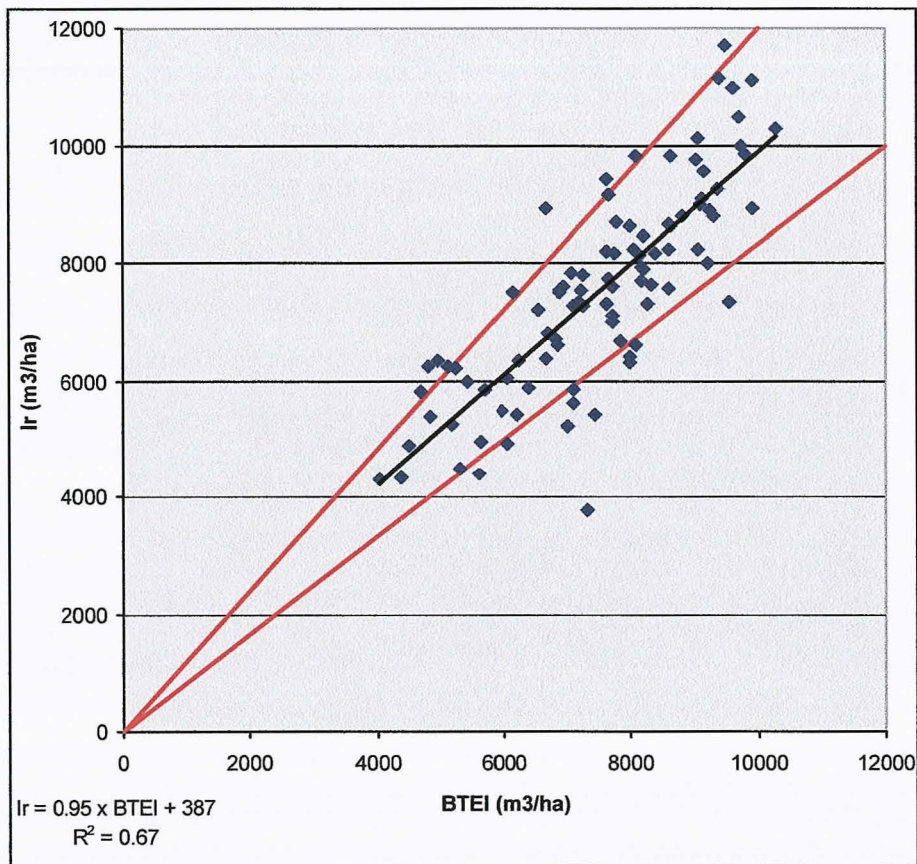


Figure 9 : Consommations réelles en eau d'irrigation en fonction des Besoins Théoriques pour les microzones non sélectionnées.

2.1.4 1^{ère} interprétation des écarts & formulation d'hypothèses => nécessité du terrain

Microzones en surconsommations apparentes

Pour les microzones sur-consommatrices (Pierrefonds : A2a-7, Bassin plat haut : A3-8-9, et Terre rouge haut : A3-9-10), l'écart absolu entre consommations réelles et BTEI semble relativement constant, bien que l'amplitude des consommations réelles apparaisse légèrement plus forte que celle des BTEI.

Les hypothèses pouvant expliquer une sur-consommation sont les suivantes :

- Surestimation de la RU : la RU peut être considérée comme un réservoir. Si l'on diminue la taille de la RU, alors les sur-consommations (pouvant se manifester par un débordement ou un drainage) seront plus fortes.
- Sevrage plus court dans la réalité que dans la modélisation : si le sevrage est plus court, alors le nombre de jours potentiellement irrigables est plus long, ce qui augmente la quantité d'eau que l'on peut potentiellement apporter dans le même intervalle de temps.
- Les surfaces réellement irriguées sont supérieures aux surfaces souscrites (en bordure de périmètre irrigué par exemple)

- Stratégie de précaution (mieux vaut consommer plus que pas assez)
- Difficulté de gérer une irrigation fine, sans matériel adapté (vannes volumétriques, pluviomètre, ...) => réaction plus marquée des consommations réelles avec le climat.
- Irrigation rigide : moins bonne adaptation de l'irrigation réelle au climat que les BTEI.

Microzones en sous consommations apparentes

Pour les microzones sous-consommatrices (Anse les bas : A6-10-11, La pointe au sel - les avirons : B4, et Piton St Leu : B5), une certaine stabilité des écarts absolu entre consommations réelles et BTEI est aussi à remarquer. En revanche, contrairement aux microzones sur-consommatrices, l'amplitude des BTEI apparaît légèrement plus forte que celle des consommations réelles. Il faut toutefois faire attentions aux évolutions des écarts pour la microzone B5, qui ne compte que deux exploitants, et dont l'influence du comportement de l'un peut être considérable sur la moyenne.

Les hypothèses pouvant expliquer une sous-consommation sont les suivantes :

- Les surfaces réellement irriguées sont inférieures aux surfaces souscrites (friche, remblais)
- Sous-estimation de la RU : la RU peut être considérée comme un réservoir. Si l'on augmente la taille de la RU, alors les sur-consommations (pouvant se manifester par un débordement ou un drainage) seront plus faibles.
- Sevrage plus long dans la réalité que dans le modèle : si le sevrage est plus long, alors le nombre de jours potentiellement irrigables est plus faible, ce qui diminue la quantité d'eau que l'on peut potentiellement apporter dans le même intervalle de temps.
- Sous-consommation volontaire (fait partie des stratégies de l'exploitant : si les pluies couvrent une bonne partie des besoins de la plante, alors l'agriculteur, et surtout s'il exerce une autre activité, peut décider de sous-irriguer sa canne). Serait envisageable en A6-10-11
- Abandon du goutte-à-goutte pour l'aspersion (les $BTEI_{F1}$ sont supérieurs aux $BTEI_{F6}$) pour B4 et B5
- Irrigation rigide : moins bonne adaptation de l'irrigation réelle au climat que les BTEI pour A6-10-11 et B4.

Micro zones avec évolution dans le temps des écarts

Pour les microzones voyant une évolution temporelle remarquable des écarts entre consommations réelles et BTEI, nous avons observé deux types de comportements :

- Petite Île (A6-11-14) : les BTEI ont diminués fortement de 2001 à 2005, alors que les consommations réelles sont restées stable.

Une absence de réponse aux variations des besoins pourrait être causée par une gestion très rigide de l'irrigation.

- Stella (B6) : les BTEI sont relativement stable contrairement aux consommations réelles qui ont fortement diminué. Si l'on se penche sur le détail des consommations réelles par exploitation, nous pouvons nous rendre compte qu'entre le 2^{ème} semestre 2002 et le 1^{er} semestre 2003, toutes les exploitation de la microzone ont plus que doublé leur surface souscrite, d'autant plus que la plupart d'entre elles ont diminué leurs consommation absolues (n'est pas une consommation à l'hectare). Ceci peut laisser penser à un

agrandissement du périmètre en 2002-2003 qui aurait entraîné les agriculteurs à déclarer les surfaces qu'ils irriguaient déjà de façon officielle. La diminution des consommations brutes reste cependant difficile à expliquer.

Devant un si grand nombre d'hypothèses qui ne peuvent être validées à partir des données actuellement disponibles, il a paru nécessaire d'organiser une enquête auprès des exploitants, afin de déceler les causes des écarts entre consommations réelles et optimisées.

2.2 Résultats de l'enquête

En réalité, les décisions de déclenchement ou d'arrêt de l'irrigation par les agriculteurs qui ne bénéficient pas d'un conseil de type OSIRI sont basées sur un arbitrage entre la perception du climat par l'exploitant, ainsi que des aspects visuels de la culture et du sol. D'autre part, le facteur « sensibilité aux précipitations » des agriculteurs est très hétérogène au sein d'une même microzones, il ne peut donc être pris en compte qu'au niveau de l'exploitation.

2.2.1 Microzones sur-consommatrices

A2a7	A3-8-9	A3-9-10
La RU et la durée de sevrage semblent correspondre à celles du modèle, ce qui n'est pas le cas du tour d'eau qui serait inférieur.	La RU semble correspondre à celles du modèle. En revanche, la durée de sevrage est supérieure dans la réalité : 1,5 à 2 mois (2 à 3 fois plus que dans le modèle), et le tour d'eau est 2 fois plus long. La sur-consommation serait donc encore plus forte en réalité.	La RU semble correspondre à celles du modèle. En revanche, la durée de sevrage est supérieure dans la réalité : 2 mois en moyenne (3 fois plus que dans le modèle). La sur-consommation serait donc encore plus forte en réalité.

La sur-consommation dans ces microzones est principalement causée par des pratiques non optimales des agriculteurs : les doses d'eau apportées sont généralement trop fortes, ce qui est à mettre en relation avec l'absence d'automatismes chez la quasi-totalité des exploitants enquêtés. En effet, un exploitant qui ne possède pas de vannes programmables (en volume ou en temps) n'ira pas se lever la nuit pour fermer ses vannes. Ce dernier point peut aussi être assimilé à une forme de précaution, puisque dans ce cas, l'agriculteur considère qu'il vaut mieux apporter plus d'eau que pas assez.

Une autre forme de précaution qui est aussi à l'origine de sur-consommations, est le fait qu'ils supposent qu'apporter plus d'eau leur permettra d'obtenir un meilleur rendement.

2.2.2 Microzones sous-consommatrices

Certains événements imprévus ne nous ayant pas permis de finir l'étude de terrain et notamment de nous déplacer chez les agriculteurs sélectionnés en zone B5, cette dernière ne figurera pas dans les résultats.

A6-10-11

La RU semble correspondre à celles du modèle.

La durée de sevrage est 5 fois supérieure en moyenne à celle du modèle.

Le tour d'eau est également 1.5 fois plus long.

Les simulations ne permettent pas l'émission d'hypothèse fiable (irrigation d'appoint, sous-consommation volontaire, ...)

Une durée de sevrage plus importante dans la réalité que dans le modèle peut expliquer la sous consommation des agriculteurs par rapport au modèle, mais si dans la zone A6 10 11 c'est le modèle qui est mal paramétré, dans B4 cela peut correspondre à une pratique non optimisée. Il faut toute fois rester conscient du fait que ces interprétations ne concernent que deux exploitations, ces hypothèses sont donc émises avec réserve.

B4

La RU semble correspondre à celles du modèle.

La durée de sevrage est supérieure dans la réalité : de 1,5 à 2 fois supérieure à celle du modèle.

Il semblerait cependant qu'une partie de l'exploitation visitée soit en friche, ce qui expliquerait la sous-consommation. Toutefois, une telle hypothèse est difficilement extrapolable à l'ensemble de la zone sans enquête complémentaire.

2.2.3 Evolutions temporelles marquées des écarts entre consommations réelles en eau d'irrigation et BTEI

A6-11-14

La RU semble correspondre à celles du modèle.

La durée de sevrage est supérieure dans la réalité : de 1 à 6 mois (1,5 à 9 fois plus que dans le modèle).

Les pratiques restent les même malgré des conditions pluviométriques variables.

B6

Le seul changement majeur pouvant influencer la consommation à l'hectare sur la période de temps concernée par notre étude est le changement de surface souscrite, donc officiellement irriguée, dans une grande majorité des exploitations de la zone.

En effet, en 2003, une zone a été rendue irrigable par le gérant de la ressource en eau dans les périmètres irrigués. Zone qui, apparemment, était officieusement irriguée avant cette date, et officiellement après.

Ainsi, les Evolutions temporelles marquées des écarts entre consommations réelles en eau d'irrigation et BTEI semblent être due d'une part à des pratiques constantes malgré des besoins fluctuants pour la zone A6-11-14 (bien que cette hypothèse reste à vérifier), et d'autre part, à un événement non pris en compte dans la modélisation pour la zone B6 : des surfaces irriguées supérieures à celles déclarées.

Nous retiendrons tout de même que les sur-consommations seraient dues à des pratiques fortement influencées par le type de matériel d'irrigation et notamment à une absence d'automatismes. Les sous-consommations auraient deux origines : un paramétrage du modèle ne reflétant pas la réalité, ou bien des facteurs ne permettant pas d'estimer avec fiabilité les consommations réelles à l'hectare (dysfonctionnement du compteur, surface irriguée différente de la surface souscrite, ...).

Discussion - Conclusion

Cette étude se veut en continuité avec l'étude 1998-2000. Même si la démarche de constitution du jeu de données pour l'analyse n'est pas exactement identique avec celle de l'étude précédente, nous retrouvons des résultats similaires au niveau de l'analyse de ce dernier :

- Des consommations dans les normes pour une majorité de microzones ;
- Des écarts marqués pour les mêmes microzones dans les deux études.

L'étude a porté essentiellement sur les sur ou sous-consommations marquées, car se sont les symptômes de dysfonctionnement du modèle ou de la gestion de l'irrigation les plus faciles à remarquer, et dont les causes étaient a priori les plus faciles à déceler.

Mais l'originalité de cette nouvelle étude réside dans son rapprochement entre les données modélisées et les pratiques réelles des agriculteurs par une enquête sur le terrain. Cette enquête n'a malheureusement pas pu être exhaustive concernant le nombre d'agriculteurs sélectionnés pour les entretiens, et ce pour deux raisons :

- le climat, avec le cyclone Gamède, qui a mis un terme prématuré à la phase d'enquête ;
- la méfiance des agriculteurs, qui acceptent très difficilement de nous rencontrer, combinée à la faible taille de l'échantillon à enquêter, qui ne nous laissait pas beaucoup de marge de manœuvre dans le choix de ces derniers.

La représentativité de l'échantillon étudié pouvant être remise en cause, nous n'avons pas émis de certitudes, mais seulement des hypothèses accompagnées d'un degré de fiabilité.

Ce que nous retenons finalement de cette étude sur les écarts est qu'ils sont d'origines variées :

- pratiques non optimales des agriculteurs pour les sur-consommations ;
- paramètres d'entrée du modèle non représentatifs de la réalité (durée de sevrage) pour les sous-consommations ;
- problèmes d'estimation des consommations réelles à l'hectare (surface, compteur) pour les sous-consommations et évolutions temporelles marquées des écarts.

Concernant le modèle FIVE CoRe, l'adéquation entre les résultats de la modélisation et les consommations réelles d'une majorité de situations diversifiées est encourageante et nous permet dès lors de mettre en avant les aptitudes de l'outil et des paramètres d'entrée :

- à modéliser les pratiques majoritaires bien que certains paramètres d'entrée restent à affiner en tenant compte, entre autre, des résultats des enquêtes L. Richefort / L. Bouvet 2006 et L. Bouvet 2007
- à identifier rapidement des pratiques ou situations atypiques. Chaque diagnostic de sur ou sous-consommation a en réalité identifié une zone dans laquelle nous pouvions trouver soit des pratiques non optimales de consommation en eau d'irrigation (doses trop fortes, friche), soit des problèmes liés au compteur d'eau ou encore à des irrigations sur des zones non mises en eau.

Abréviations :

- Ir : Irrigations réelles. Correspond en général à un cumul sur une campagne, des consommations en eau d'irrigation facturées par le gestionnaire de l'eau.
- BTEI : Besoins Théoriques en Eau d'Irrigation. Correspond en général à un cumul sur une campagne, des BTEI journaliers calculés par le modèle.
- ERC : Ecart relatif entre Consommations réelles et BTEI
- ETP : Evapo-Transpiration Potentielle (en mm)
- IEI : Indice d'écart d'irrigation
- P : Cumul des précipitations en m³/ha
- RU : Réserve maximale en eau Utile (en mm)
- SAPHIR : Société d'Aménagement des Périmètres Hydro agricoles de l'Ile de la Réunion.
- SAU : Surface Agricole Utilisable

Références :

Chopart J.L., Siband P., 1988. PROBE. Programme de bilan de l'eau, *Mémoires et travaux de l'IRAT* n° 17, CIRAD-IRAT, Montpellier, France.

Chopart J.L., Vauclin M., 1990. Water balance estimation model : Field test and sensitivity analysis. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 54, p. 1377-1384.

Chopart J.L., Mézino M., Nativel R., 2003. Fluctuation saisonnière de l'évapotranspiration (ET0) en fonction de l'altitude dans l'Ouest et le Sud de l' Ile de la Réunion. Application à une modélisation empirique de l'ET0. Doc. CIRAD ST Pierre Réunion (France), 20 p.

Chopart J-L Fusillier J-L. Le Mézo L. Mézino M. Richefort L. Cornu C. 2006. Variabilité des consommations en eau d'irrigation en culture de canne à sucre dans les périmètres du sud de La Réunion (Bras de la Plaine, Bras de Cilaos). Rôles des facteurs pédo-climatiques et des modes d'irrigation. Doc. scientifique CIRAD Réunion 96 p.

Chopart J-L. Mézino M. Le Mézo L., Fusillier J-L. 2007. Five Core : A simple Model for farm irrigation volume estimates according to constraints and requirements. Application to sugarcane in Reunion (France). Communication accepté au Congrès de l'ISSCT (Int. Soc of Sugarcane Techn.) Durban 29 juillet 2 août Durban Adu Sud.

Raunet M., 1991. Carte morpho-pédologique des périmètres du Bras de Cilaos et du Bras de la Plaine, aptitudes à l'irrigation ; carte au 1/10000ème. Doc scient Cirad IRAT.

ANNEXES

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : GUIDE D'ENTRETIEN24

ANNEXE 2 : CONSOMMATIONS REELLES, BTEI ET PRECIPITATION DANS LES MICROZONES
SELECTIONNEES25

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES ENQUETES AUPRES DES AGRICULTEURS25

ANNEXE 4 : SYNTHESE DES CONSOMMATIONS REELLES ET BTEI CHEZ LES EXPLOITANTS
RENCONTRES.....27

ANNEXE 5 : SYNTHESE ET ANALYSE DES ENTRETIENS PAR EXPLOITANT.....28

Annexe 1 : Guide d'entretien

Identification

- Nom
- Localisation de l'exploitation
- Débit dispo à la borne

Contexte par bloc :

- Surface (si achat récent, nom de l'ancien propriétaire)
- Type de sol, profondeur, RU
- Assolement : différents types de culture, dates de coupes, variétés) :
- Matériel d'irrigation, automatismes
- Nombre de secteurs d'irrigation, de vannes par secteur, de positions par vanne
- Cohérence secteur irrigation / coupe (oui/non)

Planification

- Critère de déclenchement de l'irrigation
- Critère d'arrêt de l'irrigation
- Ordre de priorité pour l'irrigation (maraîchage, jeunes plants, ...)
- Les différents programmes d'irrigation par bloc pour tenir compte de l'évolution du Kc

Période du programme (début de cycle, temps normal, été, hiver, coupure, ...)

- Objectif recherché / indicateurs mobilisés (ex : remplissage RU / état des plantes) :
- Nombre de positions par jour, durée des positions
- Dose d'eau apportée par position (utilisation du débit maximal ?)
- Durée du tour d'eau
- Durée du programme

Divers

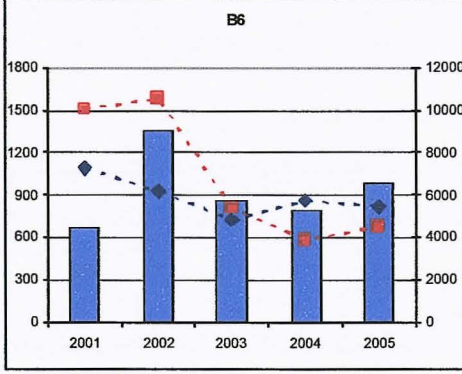
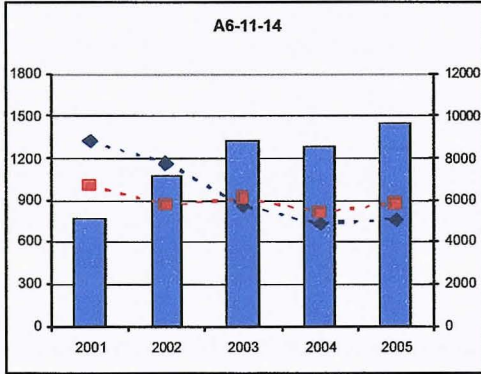
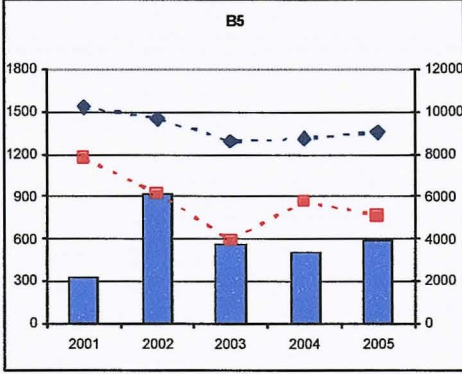
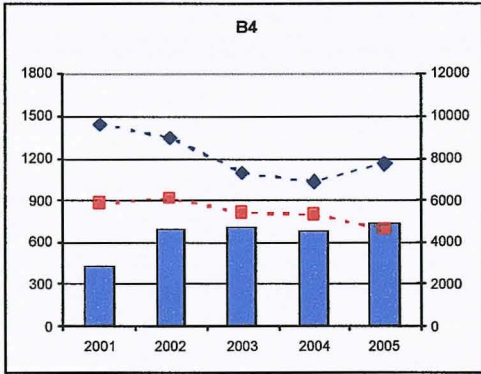
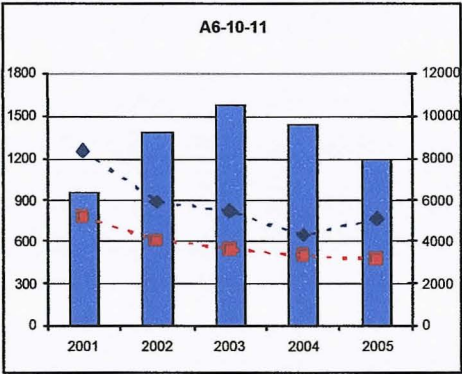
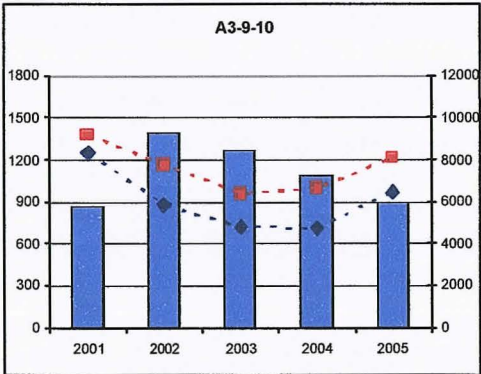
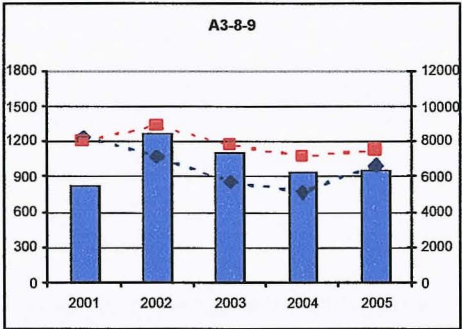
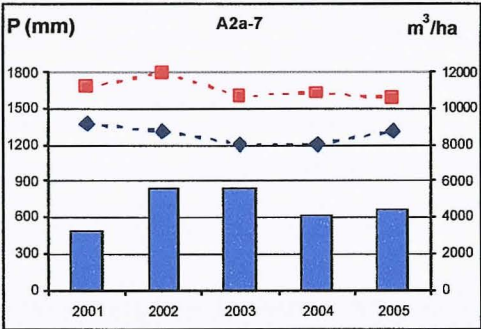
- Coupe (tonnage/jour d'un coupeur)
- Pertes borne/sol
- Durée de sevrage
- Contraintes ressenties pour l'irrigation
- Date du dernier changement sur l'exploitation
- Changements envisagés à court/moyen terme

« Métier » de l'agri

- Taux de présence de l'exploitant sur la parcelle
- L'entretien du réseau (filtres à sable/tamis pour le GaG, contrôle de la pression en bout de ligne, contrôle du **débit appelé** – ce qui sort des goutteurs = débit à la borne ?-)
- Possède un pluviomètre
- Capacité à convertir un temps d'irrigation en une hauteur d'eau (ex : irriguer 2h = une pluie de X mm)
- Formation
- Conseil (par qui, combien de temps, quelle fréquence, effet formateur)

Commentaires personnels

Annexe 2 : Consommations réelles, BTEI et précipitation dans les microzones sélectionnées



Annexe 3 : synthèse des enquêtes auprès des agriculteurs

micro zone	n°exp	sol	prof	sevrage	Sirriguée/ Ssouscrite	stratégie de précaution	matériel	programme irrigation	durée position (h)	tour d'eau (jours)	Sensibilité pluie
Sur-consommation	A2a-7	1	rocailleux & sableux	1	2/3 semaines	4.5/4.7	vrai	ACT m	normal 6/6/12 hiver 4/4/12	6-7	1
		2	rocailleux & sableux	0.3 - 0.4	2/3 semaines	5/5	vrai	ACI m	début 11 normal 5 été 7 hiver 5	1 fois 3-4	5
		3	rocailleux & sableux	faible	2 semaines	9/9.9		ACI s	début 1 normal 3 hiver 1 coupure 3	2	2
		4	rocailleux & sableux	1	2 semaines	4.2/4.9	vrai	ACI m	début 12 normal 6/6/12 hiver 12 coupure 4/4/4/2x12	5-6 4 10-12 3	3
	A3-8-9	1	bon sol	>3-4		3.7/4		ACM m	unique 24	17	1
		2	bon sol		1.5 à 2 mois	4/4		ACI m	normal 12 hiver 12	14 28	4
	A3-9-10	1	pas trop rocailleux	>4	1 mois	2.8/2.5		ACI m	unique 12	14	2
		2	bon sol	>2	au début campagne de coupe	4/4		ACT m	début 12 normal 12	14 7	1
Sous-consommation	A6-10-11	1	bon sol, pas rocailleux		1 mois avant campagne, arret sur toute exploitation = 100 jours en moyenne	5.8/5.8		ACT m	normal 24 hiver 12	14 14	3
	B4	1	bcp galets	>0.5	1 à 1.5 mois		vrai	ACI m	début 48 normal 6/6/12 hiver 4	1 fois 2-3	2
micro zone	n°exp	sol	prof (m)	sevrage	Sirriguée/ Ssouscrite	stratégie de précaution	matériel	programme irrigation	durée position (h)	tour d'eau (jours)	Sensibilité pluie
Evolution remarquable	A6-11-14	1	terre franche	> 2	début mars			ACI m	toute l'année 24	25	1
		2	un peu rocailleux	> 2	1 mois	3.3/5		ACT m		24	5
	B6	1	riche, un peu rocailleux	> 2-3	2 mois	5		GaG s	osiri		3

- n°exp : numéro d'exploitant

prof (m) : profondeur du sol en m

Sirriguée/Ssouscrite : Surface irriguée / Surface souscrite

ACI : Aspersation en Couverture Intégrale

ACT : Aspersation en Couverture Totale
- ACM: Aspersation en Couverture Mobile

GaG : Goutte-à-goutte

m : vannes manuelles

s : vannes volumétriques séquentielles

Sensibilité pluie : de 1 (forte) à 5 (faible)

Annexe 4 : synthèse des consommations réelles et BTEI chez les exploitants rencontrés

				2001	2002	2003	2004	2005
Sur consommation	A2a-7	1	BTEI	9182	8764	8037	8062	8737
			conso/ha réelle	14498	15015	13388	13922	13565
			(Ir-BTEI)/BTEI	58%	71%	67%	73%	55%
		2	BTEI	9182	8764	8037	8062	8737
			conso/ha réelle	9821	13431	11463	13427	11953
			(Ir-BTEI)/BTEI	7%	53%	43%	67%	37%
		3	BTEI	9182	8764	8037	8062	8737
			conso/ha réelle	13154	11858	11385	14602	12628
			(Ir-BTEI)/BTEI	43%	35%	42%	81%	45%
	A3-8-9	1	BTEI	9182	8764	8037	8062	8737
			conso/ha réelle	19687	20083	15561	14766	14455
			(Ir-BTEI)/BTEI	114%	129%	94%	83%	65%
		2	BTEI	8242	7135	5729	5115	6651
Sous consommation	A3-9-10		conso/ha réelle	4180	12752	8067	8503	8016
			(Ir-BTEI)/BTEI	-49%	79%	41%	66%	21%
		2	BTEI	8242	7135	5729	5115	6651
			conso/ha réelle	6283	11130	9366	10071	9828
			(Ir-BTEI)/BTEI	-24%	56%	63%	97%	48%
	B4	1	BTEI	8386	5831	4783	4749	6453
			conso/ha réelle	7453	12613	10815	13245	10660
			(Ir-BTEI)/BTEI	-11%	116%	126%	178%	65%
		2	BTEI	8386	5831	4783	4749	6453
			conso/ha réelle	11844	9714	9964	10865	9456
			(Ir-BTEI)/BTEI	41%	67%	108%	129%	47%

				2001	2002	2003	2004	2005
Sous consommation	A6-10-11	1	BTEI	8334	5904	5498	4301	5123
			conso/ha réelle	6358	3230	4005	3695	3282
	B4		(Ir-BTEI)/BTEI	-24%	-45%	-27%	-14%	-36%
		1	BTEI	10069	9461	7553	7155	8020
Evolution temporelles marquée des écarts	A6-11-14		conso/ha réelle	1791	2212	3242	4329	5472
			(Ir-BTEI)/BTEI	-82%	-77%	-57%	-40%	-32%

				2001	2002	2003	2004	2005
Evolution temporelles marquée des écarts	A6-11-14	1	BTEI	8954	7849	5766	4887	5050
			conso/ha réelle	1290	4480	6171	5570	5331
			(Ir-BTEI)/BTEI	-86%	-43%	7%	14%	6%
		2	BTEI	8954	7849	5766	4887	5050
	B6		conso/ha réelle	6302	4255	4605	5257	6300
			(Ir-BTEI)/BTEI	-30%	-46%	-20%	8%	25%

Annexe 5 : synthèse et analyse des entretiens par exploitant

A2a-7 :

Exploitant 1 :

Pratiques d'irrigation assez rigides : pas vraiment d'adaptation des irrigations aux besoins de la plante (pas de prise en compte réelle du Kc), semble due à l'absence d'automatisme (vannes volumétriques, programmables, ...).

Les consommations à l'ha sont assez stables, tout comme les besoins.

Deux explications :

- une irrigation assez routinière qui ne tient pas compte du climat (ce qui ne correspond pas trop à l'impression qu'il donne suite à l'entretien)
- une sur consommation constante (5000 m3 en moyenne) qui peut être engendrée par un principe de précaution (il vaut mieux irriguer plus que pas assez ; ce qui devrait pouvoir se vérifier) ou les irrigations de nuit qui sont trop longues alors que le sol est drainant.

Exploitant 2 :

« Pour avoir de bons rendements, il ne faut pas hésiter à irriguer. »

Après avoir examiné ses pratiques, son seuil de remplissage semble assez élevé (3-4 jours d'arrêt d'irrigation pour une pluie de 30 à 40mm), et apporte des doses un peu fortes.

Ici, c'est donc l'aspect précaution qui semble déterminant dans la sur-consommation.

Exploitant 3 :

D'après la description de ses pratiques, cet exploitant devrait être en sous-consommation. Ce qui n'est pas cohérent avec la réalité.

Exploitant 4 :

Si on considère que suite à une première irrigation, la RU (42 mm) est pleine. Elle va se vider de 16 mm en 4 jours (ETP moyenne de 4 mm/jour). Au bout de ces 4 jours, l'exploitant va irriguer pendant 6 ou 12 h, ce qui correspond à un apport de 31 ou 62 mm et donc à une sur-consommation de 15 ou 46 mm. Dans tous les cas, il y a un fort gaspillage.

Le fils a repris l'exploitation en 2004, et était aide familiale avant. En considérant qu'il ait repris le contrôle de l'exploitation en 2003, ses pratiques peuvent être à l'origine de la baisse de consommation à partir de 2003.

A3-8-9 :

Exploitant 1 :

Irrigation assez sommaire : matériel (couverture mobile) & pratiques (24h/position). Peut entraîner des surconsommations.

Cet exploitant apporte environ 114mm d'eau par irrigation avec un tour d'eau réel de 8 jours (d'après les dires de l'exploitant) et théorique de 17 jours (physiquement possible compte tenu du débit à la borne, et des secteurs décrits). Dans tous les cas, il y a sur-consommation : si l'on considère la RU pleine suite à une irrigation ou une grosse pluie, elle

se videra de 32mm en 8 jours et 68 en 17 jours (en considérant une ETP de 4mm/jour). Il y a de 46 à 82 mm de sur-consommation selon le cas de figure, à chaque irrigation.

De plus, ses pratiques sont les mêmes toute l'année. Il n'adapte donc pas sa sur-consommation en fonction du Kc.

Il est pourtant sensible aux précipitations, ses sur-consommations sont donc exclusivement dues à ses pratiques loin d'être optimales d'un point de vue bilan hydrique.

Exploitant 2 :

Certains endroits demandent plus d'eau que d'autres (moins bonne capacité de rétention du sol, ...) mais le réseau d'irrigation ne permet pas de différencier les apports. Apporte en fonction des endroits qui demandent le plus, ce qui engendre surconsommation dans les autres.

Apporte 90 mm/irrigation.

En période normale (ETP_{moy} = 4mm/jour), l'ETP sur la durée du tour d'eau (14 jours) est de 56mm. Il y a donc au moins 34mm de sur-consommation à chaque irrigation.

En hiver (du mois de mai jusqu'au sevrage, avec une ETP moyenne sur cette période d'environ 3 mm/jour), l'ETP sur la durée du tour d'eau (28 jours) est de 84mm. Il y a donc au moins 6 mm de sur-consommation à chaque irrigation.

Est peu sensible à la pluie.

A3-9-10 :

Exploitant 1 :

Apporte 82 mm/irrigation.

Si on considère que suite à une première irrigation, la RU (125 mm) est pleine. Elle va se vider de 56 mm en 14 jours (ETP moyenne de 4 mm/jour). Au bout de ces 14 jours, l'exploitant va irriguer pendant 12 h, ce qui correspond (selon la taille de ses secteurs d'irrigation) à un apport de 82 mm et donc à une sur-consommation de 26 mm.

C'est peut être sa sensibilité à la pluie dans sa décision d'arrêt/reprise de l'irrigation qui va réduire cette sur-consommation.

Exploitant 2 :

Apporte 45 mm/irrigation.

Si on considère que suite à une première irrigation, la RU (125 mm) est pleine. Elle va se vider de 28 mm en 7 jours (ETP moyenne de 4 mm/jour). Au bout de ces 7 jours, l'exploitant va irriguer pendant 12 h, ce qui correspond (selon la taille de ses secteurs d'irrigation) à un apport de 45 mm et donc à une sur-consommation de 17 mm.

C'est peut être sa sensibilité à la pluie dans sa décision d'arrêt/reprise de l'irrigation qui va réduire cette sur-consommation.

A6-10-11 :

Exploitant 1 :

Moyennement sensible aux pluies

Durée de sevrage 5 fois supérieure à celle du model en moyenne

Description du sol semble correspondre à celle du model

Devrait consommer plus d'après la description de ses pratiques que ce qu'il consomme vraiment.

Problème de compteur ?

B4 :

Exploitant 1 :

Sevrage de 1,5 à 2 fois plus long en réalité que dans le model.

Sol semble correspondre à ce qui est pris en compte dans le model.

Cependant, d'après son itinéraire d'irrigation, il devrait surconsommer.

Mais il semble qu'une partie de son exploitation soit en friche, ce qui expliquerait sa sous-consommation.

A6-11-14 :

Exploitant 1 :

Sevrage de 6 mois et demi en moyenne sur l'exploitation

Bonne sensibilité aux pluies

Consommations réelles en hausse, alors que BTEI en baisse. A repris exploitation depuis 3 ans, ce qui peut expliquer la hausse des consommations.

Exploitant 2 :

A toujours fonctionné en irrigation 24h/24 pendant la période d'étude malgré un changement de matériel.

C'est donc la décision d'arrêt/reprise de l'irrigation en fonction du climat qui a due changer.

Il aurait fallu plus de donnée sur les changement temporels au niveau des pratiques (sevrage, décision d'irrigation, ...) pour pouvoir émettre une quelconque hypothèse quant aux changements de consommations.

B6 :

Type de sol semble correspondre mais profondeur réelle est d'au mois 2-3m > à celle du model = à 0,9m.

Le sevrage réel est de 2 mois, ce qui est 3 fois supérieur à celui du model.

Exploitant 1 :

L'exploitant est conseillé techniquement pour son irrigation, et ce depuis une date antérieure aux années 2000 qui correspondent aux données les plus anciennes utilisées au cours de notre étude.

La nature du conseil n'a pas changé.

La gestion de l'irrigation à donc été la même au cours des années concernée par notre étude.

C'est donc le changement de surface souscrite qui a fait passé le comportement de l'exploitation de sur à sous-consommateur.